

مطالعه موردی مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه بر اساس پارامترهای سن

رانندگان و نوع وسیله

علی ادیسی (مسئول مکاتبات)، دانشیار، گروه مهندسی راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی،

تهران، ایران

E-mail: edrisi@kntu.ac.ir

محمدرضا اورعی، کارشناس ارشد، گروه مهندسی راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی، تهران،

ایران

مهیار اکبری، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی،

تهران، ایران

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۹

دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۳۱

چکیده

تصادفات رانندگی از مهم‌ترین عوامل جراحات و مرگ‌ومیر جهانی هستند که اثرات منفی اقتصادی، اجتماعی و بهداشتی به دنبال دارند. ایران در رتبه ۱۱۳ از ۱۷۵ کشور از نظر آمار بالای تصادفات قرار دارد و جراحات ناشی از آن، یکی از پنج عامل اصلی مرگ‌ومیر در کشور محسوب می‌شود. بررسی عوامل موثر بر شدت تصادفات از جنبه‌های انسانی، محیطی، جاده‌ای و وسیله نقلیه ضروری است. با توجه به پیچیدگی‌های ارتباط بین این عوامل، شناخت و کنترل آن‌ها نیازمند پژوهش است. هدف این پژوهش، ارائه مدل‌هایی برای شناسایی پارامترهای موثر بر شدت تصادفات با تمرکز بر نوع وسیله و سن راننده است. در این پژوهش داده‌های تصادفات برون‌شهری استان خراسان رضوی با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل شده‌اند. نتایج مدل‌های لجیت چندگانه و دوتایی نشان می‌دهند که رانندگان جوان، نوجوان و مسن تاثیر مستقیم و موثری بر بروز تصادفات جرحی و فوتی دارند. این نتایج به دلیل شور و هیجان بالای جوانان و رفتارهای پرخطر آن‌ها و همچنین کهولت سن و کاهش توان و سرعت واکنش رانندگان مسن توجیه می‌شود. بیشترین احتمال تصادفات جرحی و فوتی مربوط به موتورسیکلت به دلیل آسیب‌پذیری راکبان و کامیون‌ها به دلیل غالب بودن در تصادفات شدید است. کاهش شدت تصادفات در اتوبوس و مینی‌بوس به دلیل کنترل‌های اعمال شده بر ناوگان حمل‌ونقل عمومی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: شدت تصادف، لجیت چندگانه، لجیت دوتایی، نوع وسیله نقلیه، سن راننده

۱. مقدمه

[Stigson, Ydenius and Kullgren, 2009] دسته‌بندی

میگردند. در میان عوامل انسانی عامل سن به دلیل تأثیر مستقیم بر عملکرد و عکس‌العمل راننده [Alrumaidhi and Rakha, 2022] و نیز کنترل هیجانات و احساسات حین رانندگی [Rahman et al, 2021] بسیار مهم بوده و در شرایط حساس تأثیرگذار است. همچنین در بررسی عامل وسیله نقلیه، با توجه به اهمیت نوع وسیله و تأثیر آن در شدت تصادف حائز اهمیت است.

این پژوهش بر آن است تا به صورت نظام‌مند به بررسی دو عامل کلیدی، یعنی ویژگی‌های راننده و نوع وسیله نقلیه، بپردازد. تمرکز بر این عوامل به عنوان پارامترهای تأثیرگذار در شدت تصادفات، می‌تواند بینشی عمیق برای ارائه راهکارهای مؤثر در کاهش خسارات و تلفات فراهم آورد. هدف اصلی این تحقیق، تحلیل و مدل‌سازی این دو عامل به منظور ارائه پیشنهادهایی برای بهبود ایمنی جاده‌ای و کاهش هزینه‌های ناشی از تصادفات است. با توجه به موقعیت استان خراسان رضوی به عنوان قطب مهم زیارتی و گردشگری، مطالعه تصادفات این استان به ویژه در مسیرهای برون‌شهری، می‌تواند نتایج مهمی برای بهبود ایمنی ترافیکی در این منطقه ارائه دهد.

۲. ادبیات پژوهش

با توجه به گستردگی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات وسایل نقلیه و پیچیدگی روابط بین آن‌ها، مطالعات فراوانی در این زمینه انجام شده است. هدف اصلی بسیاری از این تحقیقات، شناسایی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات و ارائه راهکارهایی برای کاهش یا حذف این عوامل است. در اغلب این پژوهش‌ها از انواع مدل‌های انتخاب گسسته، به ویژه مدل لجیت، استفاده شده است.

مطالعات اولیه مانند پژوهش الغمدی [Al-Ghamdi, 2002] با استفاده از مدل لجیت دوتایی، شدت تصادفات را به دو دسته فوتی و غیرفوتی تقسیم کرده و به شناسایی عوامل مؤثر بر آن‌ها پرداخت. پیک-آسا و همکاران [Peek-Asa et al, 2010] و دیسانایاک [Dissanayake, 2004] به بررسی تأثیر سن

فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال هفدهم / شماره دوم (۶۷) / زمستان ۱۴۰۴

برنامه‌ریزی کارآمد در حوزه حمل و نقل یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار در جوامع مدرن است. رشد اقتصادی بدون در نظر گرفتن نیازهای حمل و نقلی و به ویژه ایمنی در این حوزه، عملاً قابل دستیابی نخواهد بود [Taghvaei et al, 2022]. ایمنی جاده‌ها به عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی در کاهش تلفات و خسارات ناشی از تصادفات، اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی‌های حمل و نقل دارد.

این معضل، علاوه بر خسارات جانی، هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی گسترده‌ای را به دنبال دارد که نیاز به اقدام فوری و عملی برای کاهش آن دارد [Sohail et al, 2023]. به همین دلیل، ایمنی ترافیک تنها یک مسئله مهندسی نیست، بلکه به مسئله‌ای چندبُعدی در حوزه‌های سیاست‌گذاری، اقتصاد و بهداشت عمومی تبدیل شده است.

بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی^۱، کشورهای با درآمد کم و متوسط، با وجود در اختیار داشتن کمتر از نیمی از وسایل نقلیه جهان، بیشترین سهم از مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات را دارند. در ایران نیز، تصادفات جاده‌ای یکی از پنج عامل اصلی مرگ‌ومیر است که بر اهمیت شناسایی و رفع عوامل مؤثر بر شدت تصادفات تأکید می‌کند.

علاوه بر تأثیر مستقیم تصادفات در سلامت افراد جامعه و تأثیر بر روح و روان افراد، خسارت‌های مالی سنگین وارد شده به کشور نیز بر اهمیت بررسی تصادفات می‌افزاید. همه ساله به دلیل وارد آمدن ضرر و زیان مالی به اشخاص حقیقی و سازمان‌های مختلف، نهادهای گوناگونی برای حل این معضل اقدامات متنوعی را انجام می‌دهند، در حالی که بدون مطالعات و پژوهش‌های کاربردی و علمی، تلاش عملی کفایت نمی‌کند [Bouagna, Hundal and Taniform, 2022].

عوامل مختلف مؤثر بر شدت تصادفات در چهار دسته انسانی [Jeon et al, 2022]، محیطی [Lankarani et al, 2014]، جاده‌ای [Jima and Sipos, 2022] و وسیله نقلیه

است، به‌ویژه در شرایط جوی خاص.

مورگان و منرینگ [Morgan and Mannering, 2011] تأثیر شرایط سطح جاده، سن و جنسیت راننده را بر شدت تصادفات تحلیل کردند و دریافتند که جنسیت راننده تأثیر معناداری ندارد، اما شرایط سطح جاده و شرایط جوی تأثیر چشمگیری بر شدت تصادفات دارند. دیسانایاک [Dissanayake, 2004] نیز تأکید کرد که رانندگان جوان و سالمندان سهم بیشتری در تصادفات شدید دارند، که این موضوع با نتایج حسین‌زاده و علی‌جعفری [Santolino et al, 2022] هم‌خوانی دارد.

این تحلیل‌ها نشان می‌دهند که ترکیب عواملی مانند سن راننده، شرایط جوی و نوع وسیله نقلیه به‌طور مستقیم بر شدت تصادفات تأثیرگذار است و شناسایی این روابط می‌تواند به طراحی راهکارهای مناسب برای کاهش شدت تصادفات کمک کند.

۳. روش پژوهش

روش‌ها و مدل‌های زیادی برای تجزیه و تحلیل شدت تصادفات جاده‌ای در مطالعات مختلف استفاده شده است. مقایسه بین مدل‌ها بر اساس هفت معیار (تکنیک مدل‌سازی، تعداد رکورد تصادف، تعداد متغیرها، نوع منطقه، ویژگی‌ها، میزان جراحات و تناسب مدل) انجام می‌گیرد. به‌طور کلی تکنیک‌های مدل‌سازی مورد استفاده برای تحلیل شدت جراحات تصادفات رانندگی در چهار گروه مدل‌های انتخاب گسسته، تکنیک‌های داده‌کاوی^۳، روش‌های نرم‌افزاری و سایر روش‌ها طبقه‌بندی می‌شوند [Mujalli and De Oña, 2013]. از جمله روش‌های نرم‌افزاری می‌توان به الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های تکاملی اشاره کرد [Nguyen et al, 2002]. به عنوان مثال، جنونگ و همکاران [Jeong et al, 2022]، در پژوهش خود از شیوه یادگیری ماشین بر پایه الگوریتم‌های رگرسیونی برای ریشه‌یابی کردن عوامل بحرانی که در شدت تصادفات عابرین پیاده تأثیرگذار است، استفاده کردند.

رانندگان، به‌ویژه نوجوانان و سالمندان، بر شدت تصادفات پرداختند. این پژوهش‌ها نشان دادند که نوجوانان به دلیل رفتارهای پرخطر و سالمندان به دلیل کاهش توانایی‌های فیزیکی و واکنش، بیشتر در تصادفات شدید نقش دارند.

در مدل‌های پیچیده‌تر، مانند لوجیت چندگانه، تحلیل‌های جامع‌تری ارائه شده است. آوادزی و همکاران [Awadzi et al, 2008]، شدت تصادفات را به سه دسته خسارتی، جرحی و فوتی تقسیم کرده و تأثیر سن رانندگان را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که احتمال وقوع تصادفات جرحی با افزایش سن کاهش می‌یابد، در حالی که تصادفات فوتی در رانندگان سالمند افزایش پیدا می‌کند. مالیشکینا و منرینگ [Malyshkina and Mannering, 2009] استفاده از مدل‌های سلسله‌مراتبی و تودرتو را برای شرایطی که نتایج از هم مستقل نیستند، توصیه کردند. این نوع مدل‌ها به‌ویژه زمانی مناسب هستند که ناهمگونی در مشخصات افراد وجود داشته باشد یا نتایج وابستگی بیشتری به عوامل پیچیده‌تر نشان دهند [Train, 2009].

یانیس جورج و همکاران [George et al., 2017] داده‌های مربوط به ۵۹۳۱۶ تصادف ثبت‌شده در یونان را تحلیل کرده و دریافتند که شرایط جوی مساعد به کاهش شدت تصادفات کمک می‌کند. به‌طور مشابه، انجل و هیکن [Angel and Hickman, 2008] نشان دادند که در شرایط جوی نامساعد، نوع وسیله نقلیه نقش مهمی در تعیین شدت تصادفات دارد، به‌طوری که وسایل نقلیه سنگین ایمنی بیشتری نسبت به وسایل نقلیه سبک دارند.

ابولی و همکاران [Eboli et al, 2020] با استفاده از مدل لوجیت دوتایی تأثیر نوع وسیله نقلیه و گواهینامه رانندگی را بر شدت تصادفات در ایتالیا بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که داشتن گواهینامه در تصادفات با شدت پایین معنادار نیست، اما در تصادفات فوتی تأثیر زیادی دارد. کیم و همکاران [Kim et al, 2013] نیز در مطالعه‌ای در کالیفرنیا، نشان دادند که احتمال وقوع تصادفات فوتی در مردان به‌طور قابل توجهی بیشتر از زنان

۳-۱ مدل لوجیت

برخلاف رگرسیون خطی، رگرسیون لجستیک مستقیماً متغیر وابسته را مدلسازی نمی‌کند، بلکه ابتدا متغیر وابسته را به یک مدل لوجیت (لگاریتم طبیعی بخت‌های وقوع یا عدم وقوع متغیر) تبدیل می‌کند، سپس از برآورد حداکثر درست‌نمایی برای برآورد ضریب استفاده می‌کند. مدل پیچیده لجستیک که شامل چندین متغیر مستقل و یک متغیر وابسته است، مطابق رابطه (۱) لگاریتم نسبت بخت‌ها، به مدل لوجیت معروف است. یعنی لگاریتم طبیعی احتمال بودن در یک گروه (π) تقسیم بر احتمال بودن در گروه دیگر ($1-\pi$) است.

$$\text{Logit}(Y) = \text{LN}\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = \exp^{a+\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k} \quad (1)$$

که در آن:

π : احتمال یا پیامد واقعه مورد نظر تحت وجود متغیر مستقل X

a : پارامتر محور مختصات Y

β : ضریب رگرسیونی

X : متغیر مستقل

۳-۱-۱ مدل لوجیت چندگانه

در این مدل فرض می‌شود، که بخش نامعین و تصادفی (ε) تابع مطلوبیت، از توزیع مقدار حدی با توزیع مشخص و مستقل تبعیت می‌کند. با در نظر گرفتن توزیع گامبل و فرض توزیع مستقل و مشخص برای ε_{ni} ، تابع احتمال انتخاب گزینه i توسط فرد n برای مدل لوجیت استاندارد به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود.

$$P_{ni} = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{nj}}} \quad (2)$$

۳-۱-۲ مدل لوجیت دوتایی

مدل‌های انتخاب دوتایی مختلفی توسط محققان متعددی در مباحث مختلف اعم از حمل‌ونقلی و غیرحمل‌ونقلی توسعه یافته است. اما بر اساس پژوهش بن آکیوا و لرمان [Ben Akiva and Lerman, 1985] همه این مدل‌ها در سه دسته مدل احتمال خطی، مدل پروبیت دوتایی و مدل لوجیت دوتایی قرار

می‌گیرند. به طور کلی، استخراج هر یک از مدل‌های انتخاب دوتایی، از نظر مفهومی کار ساده‌ای است. بدین منظور لازم است که ابتدا در هر یک از مدل‌های ذکر شده، فرضی در مورد توزیع دو مولفه تصادفی ε_i و ε_j و یا تفاوت آنها ($\varepsilon_j - \varepsilon_i$) انجام شود. سپس با توجه به این فرض‌ها، احتمال انتخاب گزینه i به دست می‌آید. طبیعتاً با داشتن این احتمال، احتمال انتخاب گزینه j از تفاضل عدد یک از احتمال انتخاب گزینه i حاصل می‌شود. این چنین وضعیت‌هایی منجر به مدل‌های انتخاب دوتایی می‌شود.

۳-۲ پرداخت مدل‌ها با روش درست‌نمایی بیشینه

هدف از پرداخت مدل‌ها، یافتن متغیرهای توضیحی تابع مطلوبیت و تعیین میزان اهمیت هر یک از متغیرها است. پرداخت مدل‌های لوجیت چندگانه و دوتایی نیازمند تخمین یک گروه از پارامترها است. بدین ترتیب برای پرداخت این دو نوع مدل از روش درست‌نمایی بیشینه استفاده می‌شود که در آن پارامترهای مدل به گونه‌ای برآورد می‌شوند که احتمال رخ دادن مشاهدات حداکثر گردد. بر این اساس برای نمونه‌ای با N مشاهده، و با فرض استقلال تصمیم‌گیری افراد با یکدیگر، احتمال آنکه فرد n ، گزینه‌ای که واقعا مشاهده نموده انتخاب نماید از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$L(\beta) = \prod_{n=1}^N \prod_i (P_{ni})^{y_{ni}} \quad (3)$$

که در آن y_{ni} ، در صورتیکه فرد n گزینه i را انتخاب نماید یک، و در غیر اینصورت صفر است، P_{ni} احتمال انتخاب گزینه i توسط فرد n و $L(\beta)$ نیز تابع چگالی احتمال توأم برای نمونه مشاهده شده است که تابع تمایل نیز نامیده می‌شود. با صفر قرار دادن مشتق اول تابع تمایل، مقادیر متغیرهایی که تابع تمایل را بیشینه می‌کنند بدست می‌آید. با توجه به اینکه مشتق‌گیری از تابع لگاریتم راحت‌تر است، همچنین مقدار بیشینه لگاریتم یک تابع در جایی رخ می‌دهد که مقدار بیشینه خود تابع رخ می‌دهد، تابع لگاریتم تمایل بجای تابع تمایل، بیشینه می‌گردد. تابع لگاریتم

۱۳۹۱ تا انتهای اسفند ماه سال ۱۳۹۵ (۵سال) می‌باشد که توسط اداره کل پلیس راهور استان خراسان رضوی گردآوری شده است. تعداد کل داده‌های تصادفات مورد بررسی در این مطالعه ۲۷۸۷۰ مورد بود که از این تعداد در ۲۷ مورد، متغیر شدت تصادف در آن‌ها مشخص نبود. به دلیل اهمیت بالای پارامتر شدت تصادف در تحلیل‌ها و همچنین ناچیز بودن تعدادشان (حدوداً ۰/۱ درصد از تعداد کل داده‌ها) موارد مذکور در همان ابتدای کار به عنوان داده از دست رفته و نامعتبر معرفی و از روند مدل‌سازی و تحلیل‌های ارائه شده حذف گردیدند. همچنین ۲۱ مورد نیز به دلیل نامعین بودن نوع وسیله و موارد گفته شده از مجموعه داده کنار گذاشته شد. از ۲۷۸۴۳ مورد تصادف به کار رفته در تحلیل، تصادفات از نوع جرحی با ۱۸۲۵۷ مورد بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند که مطابق جدول ۱، با ۶۵/۶ درصد نشان‌دهنده سهم بالای این نوع تصادف به نسبت دو دسته دیگر است. بعد از آن تصادفات خسارتی با ۸۳۱۸ مورد (۲۹/۹ درصد) و فوتی (۴/۶ درصد) به ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار دارند.

تمایل و مشتق اول آن به ترتیب در رابطه‌های (۴) و (۵) نشان داده شده است.

$$LL(\beta) = \sum_{n=1}^N \sum_i y_{ni} \ln(P_{ni}) \quad (4)$$

$$\frac{d_{LL(\beta)}}{d\beta_k} = \sum_{n=1}^N \sum_i y_{ni} * \frac{1}{P_{ni}} * \frac{dP_{ni}}{d\beta_k} \quad \forall k \in K \quad (5)$$

که در آن k تعداد متغیرهای به کار رفته در مدل است. با جایگذاری تابع احتمال لجیت استاندارد در رابطه‌ی (۶)، و پس از ساده‌سازی رابطه به صورت رابطه‌ی (۷) تبدیل می‌شود.

$$P_{ni} = \frac{e^{\beta'x_{ni}}}{\sum_j e^{\beta'x_{nj}}} \quad (6)$$

$$\frac{d_{LL(\beta)}}{d\beta_k} = \sum_{n=1}^N \sum_i (y_{ni} - P_{ni}) x_{nik} \quad \forall k \in K \quad (7)$$

با مساوی صفر قرار دادن رابطه‌ی (۷)، بهترین مقادیر برای پارامترها به منظور بیشینه نمودن تابع تمایل بدست می‌آید.

۴. داده‌های مورد استفاده

داده‌های استفاده شده در این پژوهش مربوط به تصادفات برون‌شهری استان خراسان رضوی از ابتدای فروردین ماه سال

جدول ۱. توزیع درصد فراوانی نوع وسیله به ازای سطوح مختلف شدت تصادف

| شدت تصادف | نوع وسیله | | | | | |
|-----------|-----------|-------------------|----------|-------------------------|------------|-------|
| | سواری | مینی بوس و اتوبوس | وانت بار | کامیون، کامیونت و تریلی | موتورسیکلت | سایر |
| خسارتی | ۳۱/۵۰ | ۴۴/۶۰ | ۲۷/۱۰ | ۵۸/۰۰ | ۴/۰۰ | ۲۰/۷۰ |
| جرحی | ۶۴/۳۰ | ۵۰/۷۰ | ۶۸/۴۰ | ۳۶/۸۰ | ۹۱/۰۰ | ۶۹/۸۰ |
| فوتی | ۴/۲۰ | ۴/۷۰ | ۴/۵۰ | ۵/۲۰ | ۵/۰۰ | ۹/۵۰ |

(شامل وسایل نقلیه امدادی، ادوات کشاورزی و راهسازی، عابر پیاده و...) انجام گرفت. لازم به ذکر است، علت دسته‌بندی وسایل نقلیه در دسته سایر به دلیل پایین بودن درصد هرکدام نسبت به کل وسایل بوده است. همچنین در دسته‌بندی مذکور وسایل نقلیه با رفتار مشابه مثل کامیون، کامیونت و تریلی و نیز مینی‌بوس و اتوبوس به دلیل ماهیت رفتاری تقریباً یکسان در تصادفات

۴-۱ توزیع فراوانی نوع وسیله نقلیه در شدت تصادف

با بررسی و تحلیل اولیه روی داده‌ها طبقه‌بندی انواع وسایل نقلیه در شش دسته کلی سواری شخصی، مینی‌بوس و اتوبوس، وانت بار، کامیون، کامیونت و تریلی، موتورسیکلت و سایر وسایل

با بررسی اعداد جدول، می‌توان نتیجه گرفت درصد تصادفات از نوع فوتی رانندگان زن و مرد تقریباً یکسان بوده، اما زنان درصد بالاتری از تصادفات جرحی را به خود اختصاص می‌دهند، در عوض مردان درصد تصادفات خسارتی بالاتری دارند. هرچند که این تفاوت چشمگیر و قابل ملاحظه نیست. در جدول ۳ فراوانی درصدی توأم دو عامل سن و جنسیت آورده شده است.

جدول ۳. توزیع درصد فراوانی سطوح مختلف شدت تصادف به

ازای سن و جنسیت رانندگان

| جنسیت و سن | شدت تصادف | | |
|---------------|-----------|-------|------|
| | خسارتی | جرحی | فوتی |
| ۱۴ تا ۲۴ سال | ۲۱/۱۰ | ۷۴/۳۰ | ۴/۶۰ |
| ۲۵ تا ۴۹ سال | ۳۳/۱۰ | ۶۲/۷۰ | ۴/۲۰ |
| بیش از ۵۰ سال | ۳۲/۳۰ | ۶۲/۲۰ | ۵/۵۰ |
| ۱۴ تا ۲۴ سال | ۱۸/۷۰ | ۷۷/۸۰ | ۳/۵۰ |
| ۲۵ تا ۴۹ سال | ۲۷/۸۰ | ۶۷/۸۰ | ۴/۴۰ |
| بیش از ۵۰ سال | ۲۲/۸۰ | ۷۵/۴۰ | ۱/۸۰ |
| ۱۴ تا ۲۴ سال | ۲۰/۰۰ | ۷۵/۴۰ | ۴/۶۰ |
| ۲۵ تا ۴۹ سال | ۳۲/۸۰ | ۶۳/۰۰ | ۴/۲۰ |
| بیش از ۵۰ سال | ۳۲/۲۰ | ۶۲/۴۰ | ۵/۴۰ |

از مقایسه اطلاعات موجود در این جدول می‌توان دریافت، به طور کلی (فارغ از جنسیت) رانندگان مقصر سنین ۱۴ تا ۲۴ با حدوداً ۷۵ درصد تصادفات از نوع جرحی، بیشترین سهم از این سطح از تصادف را به خود اختصاص می‌دهند.

بالاترین سهم از تصادفات فوتی با ۵/۴ درصد مربوط به رانندگان مسن (بیش از ۵۰ سال) هستند. بنابراین رانندگان نوجوان و جوان بالاترین آمار تصادفات جرحی و رانندگان مسن بیشترین درصد تصادفات فوتی را به خود اختصاص می‌دهند. با در نظرگیری دو متغیر سن و جنسیت به صورت توأم می‌توان دریافت، مردان در بازه سنی ۱۴ تا ۲۴ سال با ۷۵ درصد و زنان با حدود ۷۸ درصد بیشترین سهم از تصادفات جرحی را به خود اختصاص داده‌اند. بیشترین سهم تصادفات فوتی در مردان در سنین بالای ۵۰ سال

برون‌شهری در یک دسته طبقه‌بندی شدند. مطابق جدول ۱ که توزیع درصد فراوانی شدت تصادف به تفکیک نوع وسیله را نشان می‌دهد، در تصادفات خسارتی بالاترین سهم با ۵۸ درصد مربوط به دسته کامیون، کامیونت و تریلی و کمترین سهم مربوط به موتورسیکلت تنها با ۴ درصد بوده است. بالاترین سهم وسایل نقلیه در تصادفات جرحی مربوط به موتورسیکلت با ۹۱ درصد و پایین‌ترین به دسته کامیون، کامیونت و تریلی با ۳۶٫۸ درصد اختصاص دارد. در تصادفات فوتی بالاترین سهم با ۹٫۵ درصد مربوط به سایر وسایل و پایین‌ترین مربوط به سواری شخصی با ۴٫۲ درصد است. البته در این نوع تصادفات به دلیل پایین بودن نسبت به آمار کل (تنها ۱۲۶۸ تصادف) تفاوت از لحاظ تعداد آنچنان چشمگیر نیست. با بررسی اولیه و دقت در آمارهای گفته شده می‌توان دریافت، آسیب‌پذیری راننده و راکبان موتورسیکلت در تصادفات و بالاترین سهم در جرحی بودن تصادفات و همچنین کمترین سهم در تصادفات خسارتی مشهود است. همچنین در تصادفات فوتی نیز موتورسیکلت با ۵ درصد به نسبت سهم قابل توجهی دارد که نشان‌دهنده تأثیر این نوع وسیله در بالا رفتن شدت تصادفات است. همچنین وسیله شخصی به دلیل اینکه سهم قابل توجهی از حجم ترافیک را به خود اختصاص می‌دهد، در تمامی سطوح شدت، در مقایسه با انواع دیگر وسایل نقلیه بیشترین تعداد را دارد.

۴-۲ تأثیر پارامترهای سن و جنسیت

دو متغیر سن و جنسیت راننده از جمله موارد مهم و تأثیرگذار در شدت تصادفات وسایل نقلیه هستند. در جدول ۲ به بررسی عامل جنسیت پرداخته شده است.

جدول ۲. توزیع درصد فراوانی جنسیت به ازای شدت تصادف

| شدت تصادف | جنسیت | |
|-----------|-------|-------|
| | مرد | زن |
| خسارتی | ۳۰/۲۰ | ۲۶/۱۰ |
| جرحی | ۶۵/۳۰ | ۶۹/۸۰ |
| فوتی | ۴/۵۰ | ۴/۱۰ |

(با ۵/۵ درصد) و در زنان با ۴,۴ درصد در سنین ۲۵ تا ۴۹ سال مشاهده شده است.

۵. تحلیل داده‌ها

نرم افزار مورد استفاده در مدلسازی SPSS (نسخه ۲۶) بوده که در تحلیل‌های آمار و احتمالاتی قدرت و امکانات فراوانی دارد و استفاده از آن در زمینه‌های مختلف از جمله مهندسی معمول است. مطابق جدول ۴ متغیر وابسته شدت در مدل لجوجیت چندگانه شامل سه گزینه پاسخ خسارتی، جرحی و فوتی و در مدل لجوجیت دوگانه شامل دو گزینه خسارتی و جرحی-فوتی است. متغیرهای مستقل در ۵ دسته کلی شامل سن راننده،

جنسیت راننده، شرایط سطح جاده، شرایط آب‌وهوایی، و نوع وسیله دسته‌بندی می‌شوند. در این پژوهش برای بررسی دقیق‌تر رفتار گروه‌های سنی مختلف و با توجه به تجربه پژوهش‌های مورگان و منرینگ [Morgan and Mannering, 2011] و آنجل و هیکن [Angel and Hickman, 2008] از رویکرد طبقه‌بندی بازه‌ای استفاده شده است؛ به این صورت که سن رانندگان در سه بازه نوجوان (۱۴ تا ۲۴ سال)، بزرگسال و میانسال (۲۵ تا ۶۰ سال) و مسن (بالای ۶۰ سال) طبقه‌بندی شده و تاثیر هر کدام از این گروه‌های سنی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته شده است.

جدول ۴. جزئیات و کدگذاری متغیرهای مورد استفاده در مدل‌های لجوجیت چندگانه و لجوجیت دوتایی

| نوع متغیر | دسته کلی | نماد متغیر | تعریف متغیر |
|-----------------|---------------------------|---|--|
| مستقل | سن راننده | نوجوان و جوان | اگر سن بیش از ۱۴ و کمتر از ۲۴ سال باشد=۱، در غیر اینصورت صفر |
| | | میانسال | اگر سن بیش از ۲۴ و کمتر از ۶۰ سال باشد=۱، در غیر اینصورت صفر |
| | مسن | اگر سن بیش از ۶۰ سال باشد=۱، در غیر اینصورت صفر | |
| | جنسیت راننده | زن | اگر راننده زن باشد=۱، در غیر اینصورت صفر |
| | | Road Surface Condition | اگر سطح جاده یخ‌زده باشد=۱، در غیر اینصورت صفر |
| | | مرطوب | اگر سطح جاده خیس باشد=۱، در غیر اینصورت صفر |
| شرایط آب‌وهوایی | برفی | اگر شرایط جوی برفی باشد=۱، در غیر اینصورت صفر | |
| | آفتابی | اگر شرایط جوی صاف و آفتابی باشد=۱، در غیر اینصورت صفر | |
| نوع وسیله | موتورسیکلت | اگر نوع وسیله نقلیه موتورسیکلت باشد=۱، در غیر اینصورت صفر | |
| | کامیون | اگر نوع وسیله نقلیه کامیون، کامیونت و یا تریلی باشد=۱، در غیر اینصورت صفر | |
| | اتوبوس | اگر نوع وسیله نقلیه اتوبوس و یا مینی‌بوس باشد=۱، در غیر اینصورت صفر | |
| وابسته | شدت تصادف (لوجیت چندگانه) | خسارتی | اگر تصادف از نوع خسارتی باشد=۱، در غیر اینصورت صفر |
| | | جرحی | اگر تصادف از نوع جرحی باشد=۱، در غیر اینصورت صفر |
| | فوتی | اگر تصادف از نوع فوتی باشد=۱، در غیر اینصورت صفر | |
| | شدت تصادف | خسارتی | اگر تصادف از نوع خسارتی باشد=۰ |
| | (لوجیت دوتایی) | جرحی فوتی | اگر تصادف از نوع جرحی یا فوتی باشد=۱ |

جدول ۵. نتایج پرداخت مدل لوجیت چندگانه کلی با در نظرگیری سه سطح شدت تصادف

| متغیر مستقل | ضریب | خطای استاندارد | آماره والد | سطح معنی داری | |
|---------------|--------|----------------|------------|---------------|------------------|
| میانسال | ۰.۱۱۵ | ۰.۰۶۲ | ۳.۳۷۴ | ۰.۰۶۶ | جرحی (Injury) |
| Middle Aged | ۰.۲۷۹ | ۰.۰۷۳ | ۱۴.۵۶۱ | ۰.۰۰۰ | |
| نوجوان و جوان | ۰.۲۷۴ | ۰.۰۹۲ | ۸.۹۲۶ | ۰.۰۰۳ | |
| Young | -۰.۶۲۷ | ۰.۱۴ | ۱۹.۹۱۵ | ۰.۰۰۰ | |
| زن | -۰.۵۸۴ | ۰.۰۶۸ | ۷۲.۹۱۳ | ۰.۰۰۰ | |
| Female | -۰.۲۹۵ | ۰.۱۴۲ | ۴.۳۲۲ | ۰.۰۳۸ | |
| یخ | ۱.۹۶۱ | ۰.۱ | ۳۸۶.۱۲۷ | ۰.۰۰۰ | |
| Ice | -۱.۲۳ | ۰.۰۶۲ | ۳۹۰.۸۰۸ | ۰.۰۰۰ | |
| مرطوب | -۰.۷۴۷ | ۰.۱۲۹ | ۳۳.۲۴۴ | ۰.۰۰۰ | |
| Wet | -۰.۱۶۲ | ۰.۰۴۸ | ۱۱.۲۹۱ | ۰.۰۰۱ | |
| برفی | -۱.۵۶۶ | ۰.۱۶۴ | ۹۰.۸۵۸ | ۰.۰۰۰ | فوتی (Fatal) |
| Snow | -۰.۲۱۸ | ۰.۱۲۴ | ۳.۰۹۶ | ۰.۰۷۸ | |
| موتورسیکلت | ۰.۰۰۹ | ۰.۱۴۱ | ۰.۰۰۴ | ۰.۹۴۷ | |
| Motorcycle | ۰.۰۳۶ | ۰.۲۲۴ | ۰.۰۲۵ | ۰.۸۷۴ | |
| کامیون | -۰.۷۴ | ۰.۴۰۹ | ۳.۲۷۲ | ۰.۰۷ | |
| Truck | -۰.۳۴۷ | ۰.۱۵۴ | ۵.۰۷۷ | ۰.۰۲۴ | |
| اتوبوس | -۰.۷۴۹ | ۰.۴۳۵ | ۲.۹۵۷ | ۰.۰۸۶ | |
| سواری | ۱.۷۷ | ۰.۱۵۳ | ۱۳۴.۰۱۷ | ۰.۰۰۰ | |
| Passenger | ۰.۵۹۲ | ۰.۱۳۱ | ۲۰.۳۲۵ | ۰.۰۰۰ | |
| سواری | -۰.۲۴۸ | ۰.۲۹۱ | ۰.۷۲۹ | ۰.۳۹۳ | |
| سواری | -۰.۳۵۷ | ۰.۱۰۵ | ۱۱.۶۵ | ۰.۰۰۱ | |

متغیر سن راننده در بازه سنی ۱۴ تا ۲۴ سال تنها در تابع مطلوبیت گزینه "جرحی" کاملاً معنی دار و دارای ضریب مثبت (۰/۲۷۹) می‌باشد. به این معنا که رانندگان نوجوان (نسبت به سایر گروه‌های سنی) احتمال رخداد تصادف از نوع جرحی را افزایش می‌دهند. (در این بازه سنی معنی داری خاصی در تابع مطلوبیت "فوتی" مشاهده نشد).

در بررسی متغیر نوع وسیله، ضریب موتورسیکلت در هر دو تابع مطلوبیت کاملاً معنی دار و مثبت بوده، که بیانگر افزایش احتمال جرحی و فوتی بودن تصادفات موتورسیکلت (نسبت به سایر

با پرداخت حدوداً ۱۳۰ مدل به روش پیش‌رو اثر انواع متغیرها و ترکیب منطقی آن‌ها در نظر گرفته شده و در انتها تأثیر ۱۱ متغیر بررسی گردید. نتایج استنباط شده با توجه به جدول ۵ به شرح ذیل است؛

ضریب متغیر سن راننده در بازه سنی ۲۵ تا ۶۰ سال (راننده میانسال) معنی دار و در تابع مطلوبیت گزینه "جرحی" مثبت (۰/۱۱۵) و در گزینه "فوتی" منفی (-۰/۲۱۸) است، یعنی رانندگان میانسال (نسبت به سایر گروه‌های سنی) احتمال رخداد تصادف جرحی را افزایش و فوتی را کاهش می‌دهند. ضریب

توان دریافت که در صورتی که شرایط جوی نامساعد و برفی بوده و یا شرایط سطح جاده از کیفیت مناسب برخوردار نباشد (مرطوب یا یخ‌زده باشد) رانندگان در این شرایط، جوانب احتیاط را بیشتر رعایت می‌کنند، بنابراین از احتمال شدت برخوردها کاسته می‌شود.

با مقایسه مدل لوجیت چندگانه با لوجیت دوگانه و همچنین پایین بودن نسبت تصادفات فوتی به نسبت کل تصادفات (حدوداً ۴/۵ درصد) میتوان از ایده دوسطحی در نظر گرفتن متغیر وابسته استفاده کرد. بدین صورت که تصادفات از نوع جرحی و فوتی در یک دسته و تصادفات خسارتی در دسته دوم طبقه‌بندی شده و مدل لوجیت دوتایی برای پیشبینی استفاده گردد. با توجه به اینکه تعدادی از مجروحین تصادفات بعد از رسیدن به بیمارستان و مراکز درمانی فوت کرده‌اند، که این آمار در داده‌های مورد استفاده در این پژوهش موجود نیست، عملاً بسیاری از تصادفات جرحی موجود در داده‌ها تبدیل به فوتی می‌گردد که این مورد هم در نظرگیری تصادفات جرحی و فوتی در یک دسته را منطقی توصیف می‌کند. مدل لوجیت دوگانه با پرداخت بیش از ۱۵۰ مدل به روش‌های پیش‌رو و پس‌رو برازش داده شده و ترکیب اثر انواع متغیرهای موجود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج قابل دریافت از جدول ۶ به شرح ذیل است؛

انواع وسیله) می‌باشد. هر سه متغیر کامیون، سواری و اتوبوس در هر دو تابع مطلوبیت معنی‌دار بودند (به جز اتوبوس در تابع فوتی) و ضریب سواری در هر دو تابع و اتوبوس در حالت جرحی منفی بوده که بیانگر کاهش احتمال این دو سطح شدت در اتوبوس و سواری است. ضریب کامیون در تابع جرحی منفی و در تابع فوتی مثبت مشاهده شد، که به معنی افزایش احتمال تصادفات فوتی در حالت کامیون بودن نوع وسیله و کاهش احتمال جرحی می‌باشد. در بررسی عامل جنسیت راننده، زن بودن راننده تنها در تابع مطلوبیت "جرحی" معنی‌دار بوده و دارای ضریب مثبت (۰/۲۷۴) می‌باشد. بنابراین حضور راننده زن احتمال وقوع تصادف جرحی را (نسبت به مرد) افزایش می‌دهد. دو متغیر یخ‌زده و مرطوب بودن سطح مسیر در هر دو تابع مطلوبیت "جرحی" و "فوتی" معنی‌دار بوده و در هر دو تابع مذکور ضریب منفی دارند. این بدین معنی است که یخ‌زده و یا مرطوب بودن سطح راه (نسبت به سایر شرایط) منجر به کاهش شدت تصادفات (کاهش احتمال رخداد تصادفات جرحی و فوتی) می‌شود. متغیر برفی بودن شرایط آب‌وهوایی در هر دو تابع مطلوبیت "جرحی" و "فوتی" معنی‌دار بوده و دارای ضریب منفی (۰/۲۹۵- در تابع مطلوبیت "جرحی" و ۰/۷۴۹- در تابع مطلوبیت "فوتی") است. با توجه به این مهم و نتایج قبل می‌

جدول ۶. نتایج پرداخت مدل لوجیت دوتایی با در نظرگیری دو سطح شدت تصادف

| متغیر مستقل | ضریب | خطای استاندارد | آماره والد | سطح معنی‌داری |
|---------------|--------|----------------|------------|---------------|
| سواری | -۰/۱۷۱ | ۰/۰۴۷ | ۱۳/۴۸۲ | ۰,۰۰۰ |
| اتوبوس | -۰/۶۱۸ | ۰/۱۲۴ | ۲۴/۹۲ | ۰,۰۰۰ |
| کامیون | ۱/۲۳۸ | ۰/۰۵۹ | ۴۳۲/۶۸ | ۰,۰۰۰ |
| موتورسیکلت | ۲/۰۷۱ | ۰/۱۰۲ | ۴۱۵/۱۵ | ۰,۰۰۰ |
| جرحی-فوتی | ۰/۲۲۵ | ۰/۰۴۹ | ۲۱/۱۱۱ | ۰,۰۰۰ |
| برفی | -۰/۶۴۴ | ۰/۱۱۷ | ۳۰/۵۷۵ | ۰,۰۰۰ |
| زن | ۰/۲۶۴ | ۰/۰۸۸ | ۹/۰۶۸ | ۰/۰۰۳ |
| مسن | ۰/۱۳۸ | ۰/۰۷۴ | ۳/۴۵۲ | ۰/۰۶۳ |
| نوجوان و جوان | ۰/۱۷۷ | ۰/۰۴۶ | ۱۴/۹۴۲ | ۰,۰۰۰ |

نامساعد جوی) بالاتر بوده است. در صورت مساعد بودن شرایط جوی معمولا رانندگان نسبت به شرایط عادی انگاری داشته و جانب احتیاط را کنار می‌گذارند که همین امر منجر به افزایش شدت تصادفات در این شرایط آب‌وهوایی نسبت به سایر شرایط می‌شود. آب‌وهوای برفی در مدل کاملا معنی‌دار بوده و با ضریب منفی (۰/۶۴۴-) وارد شده است. به عبارت دیگر در صورتی که شرایط جوی برفی باشد، احتمال تصادفات خسارتی افزایش یافته و از شدت جراحات کاسته می‌شود. معمولا در شرایط آب‌وهوایی غیرعادی (نسبت به شرایط معمولی) رانندگان جانب احتیاط را رعایت کرده و برخوردها در این حالت از شدت بالایی برخوردار نیستند. در نتایج پژوهش یانیس جورج و همکاران [George, Athanasios and George, 2017] نیز در شرایط مختلف آب‌وهوایی افزایش احتمال تصادفات جرحی و فوتی گزارش شده بود.

متغیر جنسیت در مدل کاملا معنی‌دار بوده و جنسیت زن با علامت مثبت (۰/۲۶۴) در مدل وارد می‌شوند. بنابراین در تصادفاتی که راننده وسیله زنان هستند احتمال جرحی یا فوتی بودن (نسبت به مردان) بیشتر است. این در حالی است که کیم و همکاران [Kim et al, 2013] در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که مردان نقش پررنگ‌تری در تصادفات فوتی دارند. از آنجا که معمولا جانب احتیاط در زنان بیشتر از مردان رعایت می‌شود بنظر می‌رسد که در شرایط عادی زنان تاثیر کمتری در تصادفات شدید داشته باشند اما با توجه به شرایط موجود و از آنجا که معمولا در کشور ما متوسط زمان رانندگی در مردان نسبت به زنان بیشتر است (خصوصا در محورهای برون شهری)، شرایط تجربه و تسلط در مردان بهتر بوده و بنظر می‌رسد اختلاف مشاهده شده ناشی از عامل مذکور باشد.

بازه سنی رانندگان ۱۴ تا ۲۴ سال کاملا معنی‌دار و بازه سنی بالای ۶۰ سال نیز با تقریب قابل قبولی معنی‌دار تلقی می‌شود. در روند مدل‌سازی، برای بازه سنی ۲۵ تا ۶۰ سال (رانندگان میانسال) معنی داری خاصی مشاهده نشد. ضریب متغیرهای رانندگان نوجوان

متغیر نوع وسیله در مدل کاملا معنی‌دار بوده و ضریب منفی متغیر سواری شخصی (۰/۱۷۱-) و اتوبوس و مینی‌بوس (۰/۶۱۸-) بیانگر کاهش احتمال شدت تصادف می‌باشد. به عبارت دیگر در صورت حضور سواری و یا اتوبوس و مینی‌بوس (نسبت به سایر وسایل نقلیه) احتمال رخداد تصادف جرحی و فوتی کاهش می‌یابد. متغیر نوع وسیله کامیون با ضریب مثبت (۱/۲۳۸) کاملا معنی‌دار بوده که بیانگر این نتیجه بوده که حضور کامیون (نسبت به سایر وسایل نقلیه) منجر به افزایش احتمال رخداد تصادفات جرحی و فوتی می‌گردد. ریفات و چین [Rifaat and Chin, 2007] نیز در پژوهش خود این مورد را تصدیق کرده و علت آن را غالب بودن این نوع وسیله بیان کردند. با توجه به اینکه کامیون از انواع وسایل نقلیه سنگین در تصادفات بوده و معمولا تصادفات رخ داده توسط این نوع وسیله از شدت بالایی برخوردار می‌باشد، نتیجه مذکور کاملا معقول و موجه می‌باشد.

متغیر موتورسیکلت با ضریب مثبت (۲/۰۷۱) در مدل کاملا معنی‌دار ظاهر شده، که این مورد نشان‌دهنده افزایش احتمال شدت تصادف در این نوع وسیله می‌باشد و بیانگر تاثیر زیاد این نوع وسیله در بالا رفتن احتمال رخداد تصادفات جرحی و فوتی است. در مطالعه ریفات و چین [Rifaat and Chin, 2007] از نوع وسیله موتورسیکلت به عنوان عاملی مهم در بروز تصادفات جرحی و فوتی یاد شد که موارد مذکور تاییدی بر این نتیجه مهم به حساب می‌آید. موتورسیکلت به دلیل آسیب‌پذیر بودن در تصادفات معمولا به محض کوچکترین برخورد واژگون شده و منجر به آسیب‌های بسیار زیاد به راکبان خود می‌شود. این امر منجر به افزایش آمار تلفات و مجروحین شده به طوری که بالغ بر ۹۶ درصد تصادفات موتورسیکلت‌ها از نوع جرحی یا فوتی بوده و تنها ۴ درصد خسارتی گزارش شده است، که تمامی این موارد در نتایج مدل نیز تایید گردیده است.

در بررسی عامل آب‌وهوا، ضریب متغیر هوای صاف در مدل ۰/۲۲۵ و کاملا معنی‌دار است. این بدین معناست که در صورت صاف بودن هوا احتمال افزایش شدت برخورد (نسبت به شرایط

تمام شرایط جوی منجر به افزایش احتمال آسیب و جراحات می‌گردد. افراد در سنین بالا معمولاً به دلیل عوارض ناشی از کهولت سن قدرت و زمان تصمیم‌گیری و انجام واکنش در آنها کاهش یافته و از طرفی در ضربات ناشی از تصادف آسیب‌پذیر می‌باشند، که مجموعه این دلایل منجر به افزایش شدت برخوردها در افراد مسن می‌گردد.

۶. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش و مقایسه مدل‌های لوجیت چندگانه و دوتایی، مشخص شد که تصادفات رانندگان میانسال نسبت به رانندگان نوجوان و سالمند از شدت کمتری برخوردار است. این یافته با نتایج دیسانایاک [Dissanayake, 2004] و آوازی و همکاران [Awadzi et al, 2008] همخوانی دارد که نشان می‌دهد شور و هیجان ناشی از جوانی و کم‌تجربگی در رانندگان نوجوان منجر به افزایش احتمال تصادفات جرحی می‌شود. همچنین، رانندگان سالمند به دلیل کاهش توانایی‌های فیزیکی و شناختی بیشتر در معرض تصادفات شدید قرار دارند که این موضوع با یافته‌های مورگان و مرنینگ [Morgan and Mannering, 2011] هم‌راستا است.

در بررسی تأثیر نوع وسیله نقلیه، موتورسیکلت به‌عنوان عامل اصلی افزایش احتمال تصادفات جرحی و فوتی شناخته شد. این نتیجه با یافته‌های ریفات و چین [Rifaat and Chin, 2007] و ابولی و همکاران [Eboli et al, 2020] مطابقت دارد که آسیب‌پذیری بالای موتورسیکلت‌ها را در تصادفات تأیید کرده‌اند. به دلیل عدم حفاظت کافی از راننده و مسافر، موتورسیکلت‌ها بیشترین خطر را در ایجاد تصادفات شدید دارند. در مقابل، وسایل نقلیه‌ای مانند اتوبوس‌ها و مینی‌بوس‌ها، با کاهش شدت تصادفات جرحی و فوتی، به‌عنوان گزینه‌های ایمن‌تر شناخته می‌شوند که این یافته با مطالعه انجل و هیکن [Angel and Hickman, 2008] همخوانی دارد. همچنین کامیون‌ها به دلیل ابعاد بزرگ و وزن زیاد، سهم قابل‌توجهی در تصادفات فوتی دارند. این نتیجه با یافته‌های ریفات و چین

مثبت (۰/۱۷۷) و رانندگان مسن نیز مثبت (۰/۱۳۸) می‌باشد. به این معنی که رانندگان نوجوان (نسبت به میانسال و مسن) احتمال بروز تصادفات جرحی و فوتی را افزایش و رانندگان مسن نیز (نسبت به نوجوان و میانسال) احتمال تصادفات شدید را افزایش می‌دهند. این نتیجه دقیقاً منطبق با پژوهش دیسانایاک [Dissanayake, 2004] و گومز-فرانکو و همکاران [Gomes-Franco et al, 2020] است. در توضیح علت آن می‌توان گفت، افراد در سنین پایین معمولاً دارای نیازهای هیجانی بالا هستند و به هنگام رانندگی این ویژگی روحی روانی بروز کرده که منجر به تمایل به بالابردن سرعت و انجام رفتارهای پرخطر دارند و از طرفی با توجه به نتیجه مطالعه ابولی و همکاران [Eboli et al, 2020] نداشتن گواهینامه، تجربه و مهارت کافی در این رانندگان منجر به عدم کنترل و تسلط بر وسیله نقلیه شده و نهایتاً ایجاد برخوردهای شدید در تصادفات را به دنبال دارد. از طرفی افزایش احتمال فوتی بودن تصادفات موتورسیکلت و سواری شخصی، هنگامی که راننده آن‌ها نوجوان و جوان هستند، مشهود بوده که این مورد نیز با نتایج پژوهش ریفات و چین [Rifaat and Chin, 2007] تطابق دارد. در نتایج پژوهش مذکور مشاهده شد که در تصادفات موتورسیکلت نقش رانندگان نوجوان و جوان به دلیل کم‌تجربگی، ناپخته بودن و عدم قضاوت صحیح در افزایش جراحات و فوتی‌ها کاملاً کلیدی و تاثیرگذار می‌باشد. نتیجه بررسی افراد مسن نیز مستقیماً در پژوهش‌های کیم و همکاران [Kim et al, 2013]، آنجل و هیکن [Angel and Hickman, 2008]، ریفات و چین [Rifaat and Chin, 2007] و دیسانایاک [Dissanayake, 2004] نیز اشاره شده بود. هر چند نتیجه مذکور در نوع وسیله کامیون کمتر مشاهده شد. با افزایش سن، توانایی بصری و فیزیکی رانندگان کاهش می‌یابد که این امر منجر به رخداد تصادفات شدید می‌گردد. همچنین نتایج مطالعه مورگان و مرنینگ [Morgan and Mannering, 2011] نشان داد افزایش سن رانندگان زن در

که این موضوع در پژوهش انجل و هیکن [Angel and Hickman, 2008] تأیید شده است.

این تحلیل‌ها نشان می‌دهند که ترکیب عواملی مانند سن راننده، جنسیت، نوع وسیله نقلیه، و شرایط جوی می‌تواند به‌طور مستقیم بر شدت تصادفات تأثیر بگذارد. شناسایی دقیق این روابط و مقایسه آن‌ها با ادبیات تحقیق می‌تواند مبنای طراحی راهکارهای عملی برای کاهش شدت تصادفات باشد.

۷. پیشنهادات و مطالعات آینده

بر اساس نتایج این پژوهش و یافته‌های مدل‌های آماری، چندین پیشنهاد عملی برای کاهش شدت تصادفات، به‌ویژه تصادفات جرحی و فوتی، ارائه می‌گردد. این پیشنهادها در راستای رویکردهای نوین ایمنی جاده‌ای و با بهره‌گیری از تجربه کشورهای پیشرفته تنظیم شده است:

با توجه به تأثیر قابل‌توجه رانندگان جوان در افزایش تصادفات شدید، پیشنهاد می‌شود دوره‌های آموزشی اجباری و جامع با محوریت ایمنی ترافیک برای این گروه برگزار شود. این دوره‌ها باید شامل شبیه‌سازی‌های پیشرفته رانندگی و تحلیل موقعیت‌های پرخطر باشد. در کشورهای اروپایی مانند سوئد و آلمان، استفاده از شبیه‌سازهای رانندگی برای تقویت مهارت‌های تصمیم‌گیری رانندگان جوان رایج است. همچنین ایجاد محیط‌های ایمن مانند پیست‌های رانندگی برای تخلیه هیجانات این گروه می‌تواند رفتارهای پرخطر آن‌ها در جاده‌های عمومی را کاهش دهد. با توجه به کاهش آمادگی جسمی و ذهنی رانندگان مسن، توصیه می‌شود استانداردهای معاینات پزشکی برای تمدید گواهینامه سخت‌گیرانه‌تر شود. در آمریکا، سیستم‌های نظارتی مبتنی بر سن راننده و استفاده از فناوری‌هایی نظیر سیستم هشدار تصادف (Collision Warning Systems) برای این گروه مورد استفاده قرار گرفته و مؤثر بوده‌اند.

با توجه به سهم بالای موتورسیکلت‌ها در تصادفات شدید، پیشنهاد می‌شود قوانین مربوط به استفاده از کلاه ایمنی، داشتن گواهینامه معتبر، و رعایت استانداردهای ایمنی موتورسیکلت‌ها

[Rifaat and Chin, 2007] همسو است که نشان می‌دهد حضور کامیون‌ها در تصادفات، احتمال مرگ‌ومیر را افزایش می‌دهد.

رانندگان میانسال (۲۵ تا ۶۰ سال) به دلیل تجربه و تسلط بیشتر، تأثیر مثبتی بر کاهش تصادفات فوتی داشته و احتمال وقوع تصادفات جرحی را افزایش می‌دهند. این نتیجه با یافته‌های آوادزی و همکاران [Awadzi et al, 2008] و مورگان و مرنینگ [Morgan and Mannering, 2011] سازگار است. در مقابل، رانندگان نوجوان و سالمند به دلیل کم‌تجربگی یا کاهش توانایی‌ها، احتمال وقوع تصادفات شدید را افزایش می‌دهند. این یافته‌ها نشان می‌دهند که تأثیر سن راننده و نوع وسیله نقلیه بر شدت تصادفات، با توجه به شرایط جوی و ویژگی‌های خاص جاده، می‌تواند با تغییراتی همراه باشد که در مطالعات [Malyshkina and Mannering, 2009] نیز به تحلیل وابستگی نتایج به عوامل متقابل پرداخته شده است.

علاوه بر این، تأثیر جنسیت راننده نیز در مدل‌ها قابل توجه بود. رانندگان زن احتمال وقوع تصادفات جرحی را افزایش می‌دهند، در حالی که مردان در تصادفات فوتی نقش پررنگ‌تری دارند. این یافته با پژوهش کیم و همکاران [Kim et al, 2013] در مورد نقش مردان در تصادفات فوتی سازگار است. این تفاوت می‌تواند به دلیل تجربه بیشتر رانندگی در مردان و تأثیر شرایط جاده‌ای و توانایی‌های تصمیم‌گیری باشد.

شرایط آب‌وهوایی نیز نقش مهمی در شدت تصادفات ایفا می‌کند. در شرایط آب‌وهوای صاف، رانندگان تمایل به عادی‌انگاری و کاهش احتیاط دارند که منجر به افزایش احتمال تصادفات شدید می‌شود. این یافته با مطالعه پانیس جورج و همکاران [George et al., 2017] مطابقت دارد که نشان داد شرایط جوی مساعد می‌تواند شدت تصادفات را افزایش دهد. در مقابل، در شرایط جوی نامساعد مانند بارش برف یا جاده‌های یخ‌زده، احتیاط رانندگان افزایش یافته و شدت تصادفات کاهش می‌یابد.

(Technologies) در مناطقی که شرایط برفی یا مرطوب دارند، می‌تواند شدت تصادفات را کاهش دهد. در کشورهای پیشرفته نظیر فنلاند و کانادا، استفاده از سیستم‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی برای هشدار زودهنگام درباره تغییرات شرایط جوی در جاده‌ها باعث کاهش قابل توجه تصادفات شدید شده است. این سیستم‌ها می‌توانند در برنامه‌ریزی رانندگان و مدیریت جریان ترافیک در شرایط بحرانی مؤثر باشند. جمع‌آوری داده‌های دقیق‌تر درباره رفتار رانندگان در شرایط جوی مختلف و بررسی تأثیر آن بر شدت تصادفات می‌تواند راهکارهای موثری برای کاهش تصادفات ارائه دهد.

محدوده جغرافیایی این پژوهش به استان خراسان رضوی اختصاص داشت. برای تعمیم‌پذیری بیشتر، پیشنهاد می‌شود داده‌های سایر استان‌ها نیز جمع‌آوری شده و تحلیل جامعی در سطح کشور انجام گیرد. همچنین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان تحلیل‌های دقیق‌تری از نقاط حادثه‌خیز انجام داد و توصیه‌هایی برای رفع آن‌ها ارائه کرد. استفاده از مدل‌های پروبیت، شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، و رویکردهای فازی در تحلیل تصادفات توصیه می‌شود. این روش‌ها می‌توانند نتایج مدل‌های سنتی را تکمیل کرده و دقت پیش‌بینی را افزایش دهند. مطالعات آینده می‌توانند به بررسی تعامل بین متغیرهای تأثیرگذار مانند سن راننده، جنسیت، و نوع وسیله نقلیه پرداخته و نتایج جامع‌تری ارائه کنند.

۸. پی‌نوشت‌ها

1. WHO (World Health Organization)
2. Discrete-Choice Models
3. Data-Mining Techniques

۹. مراجع

-Al-Ghamdi, A.S. (2002). Using logistic regression to estimate the influence of accident factors on accident severity. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 34, no. 6, pp. 729-741, 2002.

با جدیت بیشتری اجرا شود. علاوه بر این، توسعه مسیرهای اختصاصی برای موتورسیکلت‌ها در جاده‌های بین‌شهری و جلوگیری از تردد آن‌ها در آزادراه‌ها می‌تواند خطر برخوردهای شدید را کاهش دهد. در برخی کشورهای اروپایی مانند هلند، جداسازی مسیر موتورسیکلت‌ها از وسایل نقلیه دیگر به نتایج مثبتی منجر شده است. به دلیل سهم بالای موتورسیکلت‌ها در تصادفات شدید، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده به بررسی دقیق‌تر عوامل مؤثر بر شدت تصادفات این وسیله نقلیه بپردازند. کامیون‌ها به دلیل ابعاد بزرگ و وزن سنگین نقش مهمی در افزایش شدت تصادفات دارند. استفاده از فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های پایش هوشمند سرعت و کنترل استراحت رانندگان با بهره‌گیری از اینترنت اشیاء (IoT) می‌تواند تأثیر چشمگیری در کاهش شدت تصادفات داشته باشد. در ایالات متحده، سیستم‌های پیشرفته ترمز خودکار (Automatic Emergency Braking) برای ناوگان حمل‌ونقل عمومی و کامیون‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین جداسازی مسیرهای کامیون‌ها و وسایل نقلیه پرخطر از سایر وسایل نقلیه در جاده‌های پرتردد می‌تواند به کاهش شدت تصادفات کمک کند. این اقدام در کشورهای پیشرفته مانند ژاپن و آلمان با موفقیت اجرا شده است.

به منظور افزایش تجربه و اعتمادبه‌نفس رانندگان زن، پیشنهاد می‌شود سیاست‌های تشویقی مانند کاهش هزینه بیمه و ارائه تخفیفات آموزشی برای زنانی که دوره‌های پیشرفته رانندگی را تکمیل می‌کنند، به کار گرفته شود. این رویکرد در کشورهای اسکاندیناوی منجر به افزایش ایمنی رانندگان زن شده است.

شرایط آب‌وهوایی صاف به دلیل کاهش احتیاط رانندگان، خطر تصادفات شدید را افزایش می‌دهد. استفاده از سیستم‌های هوشمند هشدار شرایط جوی (Weather Adaptive Traffic Control Systems) در جاده‌ها برای اطلاع‌رسانی به رانندگان درباره خطرات احتمالی توصیه می‌شود. همچنین تجهیز جاده‌ها به فناوری‌های کنترل لغزش (Anti-Skid

- of Causing a Road Crash through Mediation Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), 9041.
- Jeong, H., Kim, I., Han, K., Kim, J. (2022). Comprehensive Analysis of Traffic Accidents in Seoul: Major Factors and Types Affecting Injury Severity. *Applied Sciences*, 2022; 12(4):1790.
- Jima, D., Sipos, T. (2022). The Impact of Road Geometric Formation on Traffic Crash and Its Severity Level. *Sustainability*, 2022; 14(14):8475.
- Kim, J.K., Ulfarsson, G.F., Kim, S., Shankar, V.N. (2013). Driver-injury severity in single-vehicle crashes in California: a mixed logit analysis of heterogeneity due to age and gender. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 50, pp. 1073-1081, 2013.
- Lankarani, K.B., Heydari, S.T., Aghabeigi, M.R., Moafian, G., Hoseinzadeh, A., Vossoughi, M. (2014). The impact of environmental factors on traffic accidents in Iran. *J Inj Violence Res*, 2014 Jul;6(2):64-71.
- Malyshkina, N.V., Mannering, F.L. (2009). Markov Switching Multinomial Logit Model: an application to accident-injury severities. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 41, no. 4, pp. 829-838, 2009.
- Morgan, A., Mannering, F.L. (2011). The effects of road-surface conditions, age, and gender on driver-injury severities. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 43, no. 5, pp. 1852-1863, 2011.
- Mujalli, R., De Oña, J. (2013). Injury severity models for motor vehicle accidents: a review. *Proceedings of the ICE - Transport*. 166. 255-270. 10.1680/tran.11.00026.
- Alrumaidhi, M., Rakha, H.A. (2022). Factors Affecting Crash Severity among Elderly Drivers: A Multilevel Ordinal Logistic Regression Approach. *Sustainability*, 2022; 14(18):11543.
- Angel, A., Hickman, M. (2008). Analysis of the factors affecting the severity of two-vehicle crashes. *Ingeniería y Desarrollo*, no. 24, pp. 176-194, 2008.
- Awadzi, K.D., Classen, S., Hall, A., Duncan, R.P., Garvan C.W. (2008). Predictors of injury among younger and older adults in fatal motor vehicle crashes. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, no. 6, pp. 1804-1810, 2008.
- Ben Akiva, M., Lerman, S.R. (1985). *Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand*, 1985.
- Bouagna, T., Hundal G., Taniform P. (2022). Quantitative Analysis of the Social Costs of Road Traffic Crashes Literature. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 165, February 2022, 106282.
- Dissanayake, S. (2004). Comparison of severity affecting factors between young and older drivers involved in single vehicle crashes. *IATSS Research*, vol. 28, no. 2, pp. 48-54, 2004.
- Eboli, L., Forciniti, C., Mazzulla, G. (2020). Factors influencing accident severity: an analysis by road accident type. *Transportation research procedia*, vol. 47, pp. 449-456, 2020.
- George, Y., Athanasios, T., George, P. (2017). Investigation of road accident severity per vehicle type. *Transportation research procedia*, vol. 25, pp. 2076-2083, 2017.
- Gomes-Franco, K., Rivera-Izquierdo, M., Martín-delosReyes, L. M., Jiménez-Mejías, E., & Martínez-Ruiz, V. (2020). Explaining the Association between Driver's Age and the Risk

-Train, K.E. (2009). *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press, 2009.

-Nguyen, H.T., Prasad, N.R., Walker, C.L., Walker, E.A. (2002). *A first course in fuzzy and neural control*. Chapman and Hall, CRC, 2002.

-Peek-Asa, C., Britton, C., Young, T., Pawlovich, M., Falb, S. (2010). Teenage driver crash incidence and factors influencing crash injury by rurality. *Journal of Safety Research*, vol. 41, no. 6, pp. 487-492, 2010.

-Rahman, M.A, Hossain, Md.M, Mitran, E., Sun, X. (2021). Understanding the contributing factors to young driver crashes: A comparison of crash profiles of three age groups. *Transportation Engineering*, Volume 5, September 2021, 100076.

-Rifaat, S.M., Chin, H.C. (2007). Accident severity analysis using ordered probit model. *Journal of advanced transportation*, vol. 41, no. 1, pp. 91-114, 2007.

-Santolino, M., Céspedes, L., & Ayuso, M. (2022). The Impact of Aging Drivers and Vehicles on the Injury Severity of Crash Victims. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24), 17097.

-Sohail, A., Cheema, M.A, Ali, M.E., Toosi, A.N., Rakha H.A. (2023). Data-driven approaches for road safety: A comprehensive systematic literature review. *Safety Science*, Volume 158, February 2023, 105949.

-Stigson, H., Ydenius, A., Kullgren, A. (2009). Variation in crash severity depending on different vehicle types and objects as collision partner. *International Journal of Crashworthiness*, 14(6), 613–622.

-Taghvaei, V. M., Nodehi, M., Mohammadi Saber, R., Mohebi, M. (2022). Sustainable development goals and transportation modes: Analyzing sustainability pillars of environment, health, and economy. *World Development Sustainability*, Volume 1, 2022, 100018.

علی ادیسی، محمدرضا اورعی، مهیار اکبری

علی ادیسی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران-عمران را در سال ۱۳۷۷، درجه کارشناسی ارشد در مهندسی عمران-راه و ترابری را در سال ۱۳۸۰ و درجه دکتری در رشته مهندسی عمران-برنامه‌ریزی حمل‌ونقل را در سال ۱۳۸۹ از دانشگاه صنعتی شریف اخذ نمود. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدیریت بحران در حمل‌ونقل، فناوری اطلاعات و ارتباطات در حمل‌ونقل، تقاضا در حمل‌ونقل و تکنولوژی‌های نوین در حمل‌ونقل بوده و در حال حاضر عضو هیئت علمی با مرتبه دانشیار در دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است.



محمدرضا اورعی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه بوعلی سینا و درجه کارشناسی ارشد در مهندسی عمران - حمل‌ونقل را در سال ۱۴۰۱ از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی اخذ نمود. زمینه پژوهشی مورد علاقه ایشان ایمنی در ترافیک، تحلیل تصادفات و مدلسازی است.



مهیار اکبری، درجه کارشناسی در رشته مهندس عمران را در سال ۱۴۰۲ از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تهران اخذ نمود. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان تحلیل رفتار رانندگان، ایمنی ترافیک و تحلیل تصادفات، تقاضا در حمل و نقل و لجستیک بوده و در حال حاضر دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندس عمران، گرایش حمل و نقل در دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد.

